

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

Rec'd PCT/PTO 14 JUL 2004

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
17 juillet 2003 (17.07.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/058279 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : G01V 1/30, 1/36
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-PAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE [FR/FR]; 1, rue Léon Migaux, F-91300 Massy (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR03/00099
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : COLEOU, Thierry [FR/FR]; c/o Compagnie Générale de Géophysique, 1, rue Léon Migaux, F-91300 Massy (FR).
- (22) Date de dépôt international : 14 janvier 2003 (14.01.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 02/00397 14 janvier 2002 (14.01.2002) FR
- (81) États désignés (national) : BR, CA, CN, GB, ID, MX, NO, US.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR FILTERING SEISMIC DATA, PARTICULARLY BY KRIGING

(54) Titre : PROCEDE DE FILTRAGE DE DONNEES SISMIQUES, NOTAMMENT PAR ANALYSE KRIGEANTE



(57) Abstract: Disclosed is a method for filtering at least two series of seismic data representing the same area, according to which an estimate of the component which is common to said series of data is detected, and said two series of data are then broken down on the basis of said estimate. The inventive method is applicable to 4D seismics.

(57) Abrégé : Procédé pour le filtrage d'au moins deux séries de données sismiques représentatives d'une même zone, selon on détermine une estimation de la composante commune à ces séries de données et on déduit de cette estimation une décomposition de ces séries de données. Application à la sismique 4D



BEST AVAILABLE COPY

WO 03/058279 A1

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

- *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

PROCEDE DE FILTRAGE DE DONNEES SISMIQUES, NOTAMMENT
PAR ANALYSE KRIGEANTE

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL - RAPPELS SUR L'ANALYSE KRIGEANTE

5

La présente invention est relative au filtrage de données sismiques, notamment par analyse krigéante

L'analyse krigéante permet la décomposition d'une fonction aléatoire à partir de sa fonction de covariance.

10 Elle est notamment classiquement utilisée en géostatistique pour filtrer des données sismiques, notamment, mais non limitativement, pour caractériser des réservoirs.

L'analyse Krigéante repose notamment sur l'hypothèse qu'un phénomène mesuré localement au moyen d'un échantillonnage régulier ou
15 non peut s'analyser comme la somme linéaire de plusieurs phénomènes indépendants, le variogramme du phénomène global correspondant à la somme linéaire des variogrammes de chacun des phénomènes indépendants qui le composent.

Classiquement, on décompose le variogramme correspondant aux
20 données expérimentales mesurées en une somme de variogrammes modélisés et on déduit des données expérimentales et des modélisations choisies pour les variogrammes élémentaires de la décomposition, les fonctions élémentaires qui décomposent la fonction aléatoire correspondant au phénomène global.

25 Il est ainsi possible d'extraire d'une cartographie de données sismiques du type de celles illustrées sur la figure 1 (par exemple, des données expérimentales brutes) d'une part le bruit blanc présent dans ces données (figure 2a), d'autre part un bruit correspondant à des raies linéaires (figure 2b) et enfin des données filtrées, débarrassées de l'un et l'autre de
30 ces deux bruits (figure 2c).

Les calculs de détermination par krigeage des valeurs des fonctions élémentaires décomposant une fonction aléatoire globale sont en eux-mêmes classiquement connus par l'homme du métier.

On pourra par exemple à cet égard se référer aux articles et publications mentionnées dans la bibliographie jointe à la fin de la présente description.

De façon très générale, on détermine la valeur d'une fonction
5 élémentaire intervenant dans la décomposition de la fonction aléatoire globale comme étant une combinaison linéaire de valeurs expérimentales pour des points d'un voisinage immédiat du point considéré, ces valeurs expérimentales étant affectées de coefficients de pondération.

En d'autres termes, si l'on considère qu'une fonction $Z(x)$ se
10 décompose en la somme de fonctions élémentaires $Y^u(x)$,
ce qui se traduit par :

$$Z(x) = \sum_{u=1}^U Y^u(x)$$

15 on estime la composante $Y^u(x)$ par :

$$Y^{u*}(x) = \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha}^u Z_{\alpha}$$

où α est un indice muet désignant les points considérés autour du
20 point x pour lequel on cherche à déterminer la valeur estimée $Y^{u*}(x)$, Z_{α} étant la valeur au point x , N étant le nombre de ces points.

On démontre que les coefficients de pondération λ_{α} vérifient l'équation :

25

$$\begin{pmatrix} C_{11} & \dots & C_{1N} \\ \vdots & & \vdots \\ C_{N1} & \dots & C_{NN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_u^1 \\ \vdots \\ \lambda_u^N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{01}^u \\ \vdots \\ C_{0N}^u \end{pmatrix}$$

où l'indice 0 désigne le point pour lequel on cherche à déterminer une estimation, les valeurs C_{01}^u à C_{0N}^u étant des valeurs de covariance

calculées à partir du modèle u correspondant à la composante Y^u (valeurs de la fonction de covariance pour les distances entre chaque point de donnée et le point à estimer), les valeurs C_{ij} étant des valeurs de covariance calculées en fonction de la modélisation choisie pour le
5 variogramme de la fonction à estimer (valeurs de la fonction de covariance pour les distances entre les points de données).

Ces coefficients de pondération λ_u^x se déterminent donc par simple inversion des matrices de covariance.

10 PROBLEME(S) POSES PAR L'ETAT DE LA TECHNIQUE - PRESENTATION DE L'INVENTION

Une des difficultés des techniques d'analyse Krigeante connues à ce jour est qu'elles nécessitent d'utiliser des modélisations des fonctions de
15 covariances.

L'intérêt d'utiliser ces modélisations est qu'elles permettent de disposer de matrices qui sont définies positives et inversibles.

On comprend toutefois que ces techniques de filtrage, si elles donnent de bons résultats, sont fortement dépendantes de l'expertise
20 individuelle de la personne qui choisit les modélisations des différents variogrammes.

Il y a là une source d'erreurs, qui empêche que ces techniques puissent être utilisées par des personnes qui n'en sont pas des spécialistes.

En outre, le choix des modélisations est également à l'origine de
25 pertes de temps importantes en production.

Un but de l'invention est de pallier cet inconvénient et de proposer une technique de filtrage par analyse krigeante qui puisse être mise en œuvre de façon automatique ou quasi-automatique.

Elle propose un procédé pour le filtrage d'au moins deux séries de
30 données sismiques représentatives d'une même zone, dans lequel on détermine - par exemple par détermination du variogramme croisé de ces séries de données et résolution de l'équation de co-krigeage - une

estimation de la composante commune à ces séries de données et on déduit de cette estimation une décomposition de ces séries de données.

Il est également proposé un procédé pour le traitement de données sismiques selon lequel - pour comparer deux séries de données sismiques
5 correspondant, pour une même zone, à des grilles d'au moins un même attribut obtenues pour deux valeurs distinctes d'au moins un paramètre donné - on met en œuvre un procédé de filtrage du type précité.

L'invention propose en outre un procédé pour le filtrage d'au moins une série de données représentative des valeurs d'au moins un paramètre
10 physique sur au moins une zone, caractérisé en ce qu'on identifie une modélisation d'une composante de variabilité spatiale de son variogramme, on soustrait cette modélisation du variogramme expérimental et on résout l'équation de krigeage correspondant à ce variogramme différentiel pour en déduire une estimation de la composante de variabilité correspondante sur
15 la série de données.

PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront
20 encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1 et 2a, 2b et 2c, déjà analysées, illustrent un exemple de cartographie de données sismiques et de décomposition par analyse krigeante correspondante ;
- 25 - les 3a, 3b illustrent deux cartographies d'une même zone, obtenues à partir d'acquisitions réalisées en deux temps différents ;
- la figure 4 est une cartographie de la composante commune aux cartographie des figures 3a et 3b ;
- les figures 5a et 5b et les figures 6a et 6b sont des cartographies des
30 composantes autres que la composante commune des cartographies des figures 3a et 3b ;
- les figures 7a à 7c sont des graphes illustrant la répartition des erreurs dans le cas respectivement d'un filtrage standard, d'un filtrage par

krigeage factoriel classique et d'un filtrage conforme à celui proposé par l'invention (co-krigeage factoriel).

DESCRIPTION D'UN OU PLUSIEURS EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE

5 DE L'INVENTION

Filtrage automatique

On se place ici dans le cas où on dispose de deux cartographies obtenues pour une même zone avec des données sismiques acquises par
10 exemple à des instants différents ou encore pour des attributs sismiques différents.

Ces deux cartographies sont par exemple du type de celle illustrée sur les figures 3a et 3b.

Dans la suite du texte, on désignera par Z1 et Z2 les deux fonctions
15 correspondant à ces deux séries de données.

Il est proposé de décomposer chacune de ces deux fonctions en la somme de leur composante commune et de résidus orthogonaux.

A cet effet, on détermine à partir des deux séries de données dont on dispose un variogramme croisé, dont les valeurs sont :

$$20 \quad \gamma_{12}(h) = \frac{1}{N} \sum (Z_1(x) - Z_1(x+h))(Z_2(x) - Z_2(x+h))$$

où x et x+h désignent les couples de points pris en considération selon la direction et pour la distance h pour lesquels on détermine la valeur du variogramme et

où N est le nombre de ces couples de points pour cette direction et cette
25 distance.

Connaissant ce variogramme croisé, on détermine ensuite une estimation de la fonction qui lui correspond, laquelle vérifie :

$$Z^*_{12}(x) = \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha}^1 Z_{\alpha}^1 + \sum_{\beta=1}^N \lambda_{\beta}^2 Z_{\beta}^2$$

30 où α et β sont deux indices muets désignant les points considérés autour du point x pour lequel on cherche à déterminer une estimation de ladite

fonction, Z_α^1 et Z_β^2 étant la valeur audit point x , N étant le nombre de ces points et où λ_α^1 et λ_β^2 sont des coefficients de pondération.

Ces coefficients de pondération λ_α^1 et λ_β^2 se déterminent par inversion de l'équation de co-krigeage :

5

$$\begin{bmatrix} C_{11}11 & \dots & C_{11}N1 & C_{11}11 & \dots & C_{11}11 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{11}1N & \dots & C_{11}NN & C_{12}11 & \dots & C_{12}NN \\ C_{21}11 & \dots & C_{21}N1 & C_{22}11 & \dots & C_{22}N1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{21}1N & \dots & C_{21}NN & C_{22}11 & \dots & C_{22}NN \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_{11} \\ \dots \\ \lambda_{1N} \\ \lambda_{21} \\ \dots \\ \lambda_{2N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11}1X \\ \dots \\ C_{11}NX \\ C_{12}1X \\ \dots \\ C_{12}NX \end{bmatrix}$$

où les coefficients $C_{12\alpha\beta}$ et $C_{21\alpha\beta}$ sont les valeurs de variance croisée des fonctions Z_1 et Z_2 aux points correspondants aux indices α et β et où les coefficients $C_{11\alpha\beta}$ et $C_{22\alpha\beta}$ sont les valeurs de covariance respectivement de la fonction Z_1 et de la fonction Z_2 auxdits points. L'indice X correspond au point désigné par x précédemment.

On notera que la matrice qui apparaît dans cette équation a l'avantage d'être inversible sous certaines conditions de calcul.

De cette façon, en utilisant les covariances expérimentales, on décompose de façon automatique les deux variables correspondant aux deux séries de données initiales en une composante commune et deux composantes résiduelles orthogonales. La régularité des données fait que la covariance expérimentale est connue pour toutes les distances utilisées, aucune interpolation n'est nécessaire, donc la matrice est définie positive

La fonction alors obtenue est une estimation de la composante commune aux deux séries de données.

La figure 4 représente une estimation de composante commune obtenue à partir des données correspondant aux cartographies des figures 3a et 3b.

On comprend qu'il est particulièrement avantageux dans de nombreuses applications et notamment en sismique 4D de disposer de cette composante commune.

Elle permet notamment d'éliminer les artefacts d'acquisition non répétables

- à partir de grilles d'attributs sismiques et notamment par exemple à partir d'amplitudes RMS dans un intervalle
- 5 - à partir de grille de temps sismiques et par exemple à partir de temps d'événements sismiques
- à partir de volumes de vitesses sismiques et par exemple à partir de pointés automatiques de vitesses.

Elle peut également être utilisée en sismique simple pour éliminer
10 des artefacts d'acquisition non répétables

- notamment à partir de grilles d'attributs sismiques calculés sur les classes d'incidence consécutives ou encore
- à partir de grilles d'attributs sismiques calculés sur des volumes issus de sommations partielles ou d'ondes converties.

15 Par ailleurs, une fois cette estimation de la composante commune déterminée, il est possible de déterminer les composantes résiduelles correspondant à la différence entre les données initiales et cette composante commune estimée.

Ces composantes résiduelles peuvent elles-mêmes être
20 décomposées par analyse krigéante.

C'est ce qu'illustrent les figures 5a, 5b et 6a, 6b, qui sont des cartographies des bruits blancs et des bruits de raies linéaires estimés de cette façon pour l'une et l'autre des deux séries de mesures représentées sur les figures 3a et 3b.

25 Des exemples de mesures d'erreurs obtenues par filtrage standard, par filtrage par analyse krigéante puis par filtrage par analyse cokrigéante (ou krigéage multivariable) sont illustrés sur les graphes des figures 7a à 7c.

On comprend à la lecture de ces figures que le filtrage par analyse cokrigéante permet des dispersions bien moindres que dans les cas des
30 filtrages classiques ou de filtrages par analyse krigéante et donne de meilleurs résultats.

On a décrit dans ce qui précède un exemple mis en œuvre avec deux séries de données.

Comme on le comprendra aisément, le procédé proposé peut également être mis en œuvre de la même façon avec un nombre de séries de données (campagnes) plus important.

5 Filtrage semi-automatique

Ce deuxième mode de mise en œuvre permet également une décomposition simplifiée dans le cas où l'on ne dispose que d'une seule série de données sismiques (fonction S_1).

- 10 Il suppose que l'on dispose au préalable de la modélisation d'une composante θ_m du variogramme expérimental θ .

Cette modélisation que l'on connaît au préalable est par exemple la modélisation d'une composante indépendante de la géologie du sous-sol : bruit blanc, stries, etc.

- 15 Connaissant cette modélisation de la composante θ_m , on en déduit le variogramme résiduel correspondant à la différence entre le variogramme expérimental et cette composante θ_m .

- On met alors en œuvre une analyse krigéante pour déterminer d'une part la composante modélisée S_m et d'autre part, à partir du variogramme
20 résiduel, le résidu orthogonal R_1 tel que :

$$S_1 = S_m + R_1$$

- Cette décomposition automatique permet de filtrer les anomalies d'acquisition qui présentent une cohérence spatiale aisément identifiable et modélisable, comme les stries parallèles aux câbles observées sur les
25 amplitudes et les temps en sismique marine.

Références :

- 30 - Matheron G. (1982), « Pour une analyse krigéante des données régionalisées ». Note interne, Centre de Géostatistique et de Morphologie Mathématique, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.

- Sandjivy L. (1984), « Analyse krigéante des données géochimiques – Etude d'un cas monovarié dans le domaine stationnaire ». Sciences de la Terre, série informatique géologique 18, pp 143-172.
- Galli A., Sandjivy L., (1984), « Analyse krigéante et analyse spectrale ».
- 5 Sciences de la Terre, série informatique géologique 21, pp 115-124.
- Dousset P., Sandjivy L., (1987), « Analyse krigéante des données géochimiques multivariées prélevées sur un site stannifère en Malaisie ». Sciences de la Terre, série informatique géologique 26, pp 1-22.
- Sandjivy L., (1987), « Analyse krigéante des données de prospection
- 10 géochimique ». Thèse de Docteur Ingénieur en Sciences et Techniques Minières, ENSMP, 166p.
- Jacquet O., (1988), « L'analyse krigéante appliquée aux données pétrolières ». Bulletin de l'Assoc. Suisse des Géologues et Ingénieurs du Pétrole, Vol.24, pp 15-34.
- 15 - Daly C., (1989), « Application of multivariate kriging to the processing of noisy images. », Geostatistics, Vol.2, Kluwer Academic Publisher, M. Armstrong (ed.), pp 749-760.
- Daly C., (1991), « Applications de la géostatistique à quelques problèmes de filtrage. » Thèse de Docteur Ingénieur en Sciences et Techniques
- 20 Minières, ENSMP, 235p.
- Wackernagel H., Sanguinetti H., (1993), « Gold prospecting with factorial kriging in Limousin, France ». Computers in Geology: 25 years of progress, Davis & Herzfeld (ed.), Oxford, O.U.P., Studies in Mathematical Geology 5, pp 33-43.
- 25 - Seguret S., (1993), « Analyse krigéante spatio-temporelle appliquée à des données aéromagnétiques ». Cahiers de Géostatistique, Fasc. 3, ENSMP, pp 115-138.
- Wackernagel H., (1998), « Multivariate geostatistics: an introduction with applications. 2nd ed. Berlin, Springer, 291p.
- 30 - Arnaud M. et al., (2201), « L'analyse krigéante pour le classement d'observations spatiales et multivariées ». Revue de statistique appliquée, XLIX (2), pp 45-67.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour le filtrage d'au moins deux séries de données sismiques représentatives d'une même zone, caractérisé en ce qu'on
5 détermine une estimation de la composante commune à ces séries de données et on déduit de cette estimation une décomposition de ces séries de données.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on détermine le variogramme croisé de ces séries de données et on résout
10 l'équation de co-krigeage qui en résulte pour en déduire de façon automatique une estimation de la composante commune à ces séries de données.

3. Procédé selon l'une des revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on détermine des résidus orthogonaux pour les différentes séries de
15 données en soustrayant de chacune des séries de données l'estimation de la composante commune.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on met en œuvre une analyse krigeante pour décomposer lesdits résidus orthogonaux.

20 5. Procédé pour le traitement de données sismiques selon lequel, pour comparer deux séries de données sismiques correspondant, pour une même zone, à des grilles d'au moins un même attribut obtenues pour deux valeurs distinctes d'au moins un paramètre donné, on met en œuvre un procédé de filtrage selon l'une des revendications 1 à 4.

25 6. Procédé pour le filtrage d'au moins une série de données sismiques représentative d'au moins une zone, caractérisé en ce qu'on identifie une modélisation d'une composante de variabilité spatiale de son variogramme, on soustrait cette modélisation du variogramme expérimental et on résout l'équation de krigeage correspondant à ce variogramme
30 différentiel pour en déduire une estimation de la composante de variabilité correspondante sur la série de données.

7. Procédé pour le traitement de données sismiques selon lequel, pour comparer deux séries de données sismiques correspondant, pour une

même zone, à des grilles d'au moins un même attribut obtenues à deux instants différents, on met en œuvre un procédé de filtrage selon l'une des revendications 1 à 4.



FIG. 1

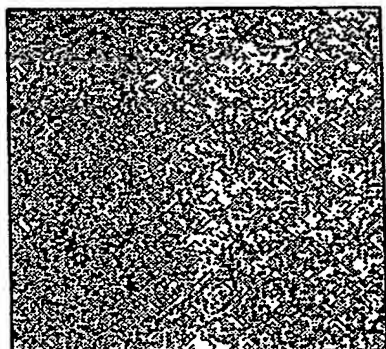


FIG. 2a

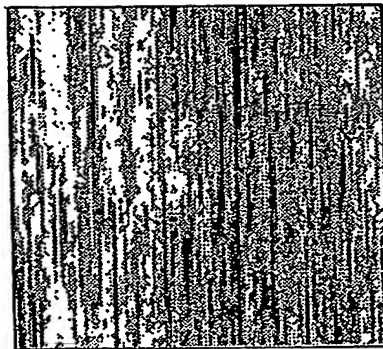


FIG. 2b

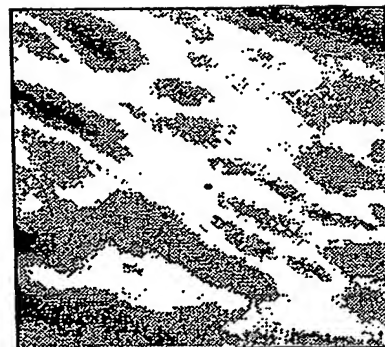


FIG. 2c

2 / 4



FIG. 3a



FIG. 4



FIG. 3b

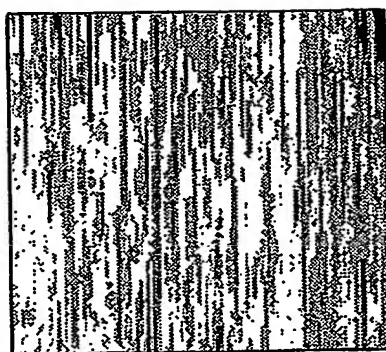


FIG. 5a

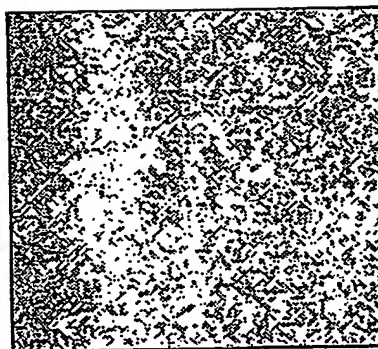


FIG. 6a



FIG. 5b

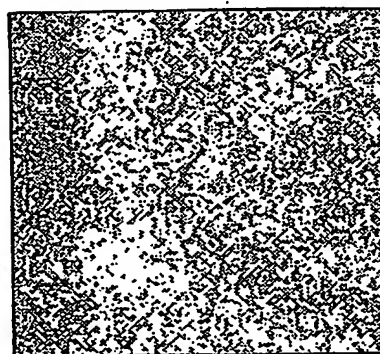
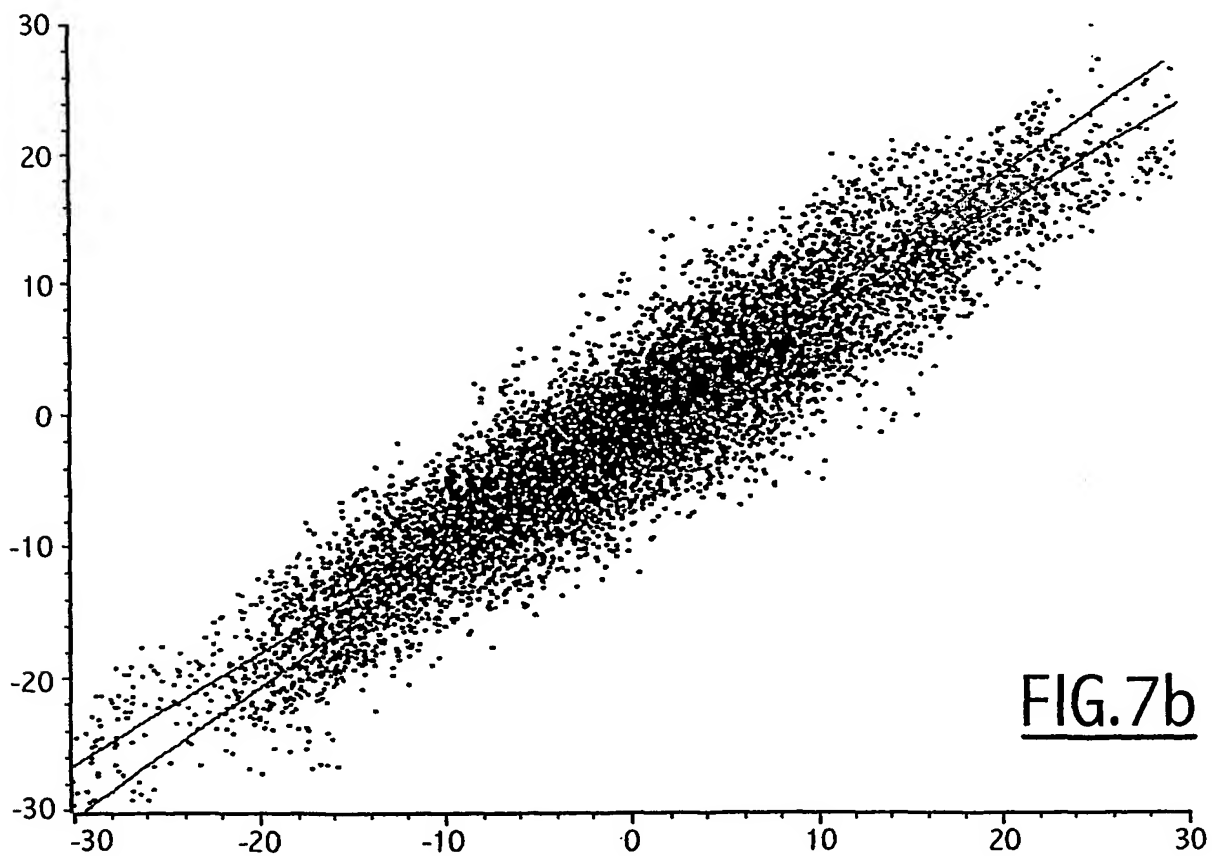
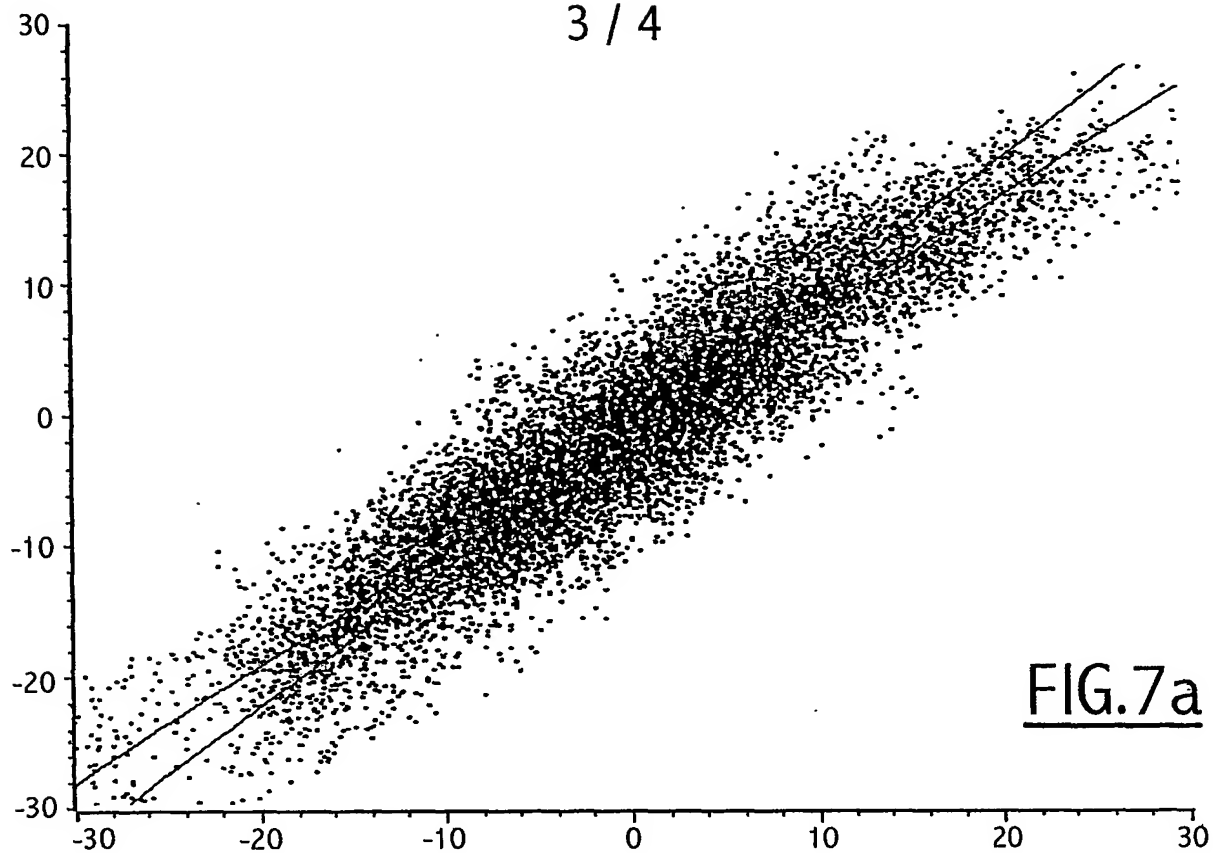
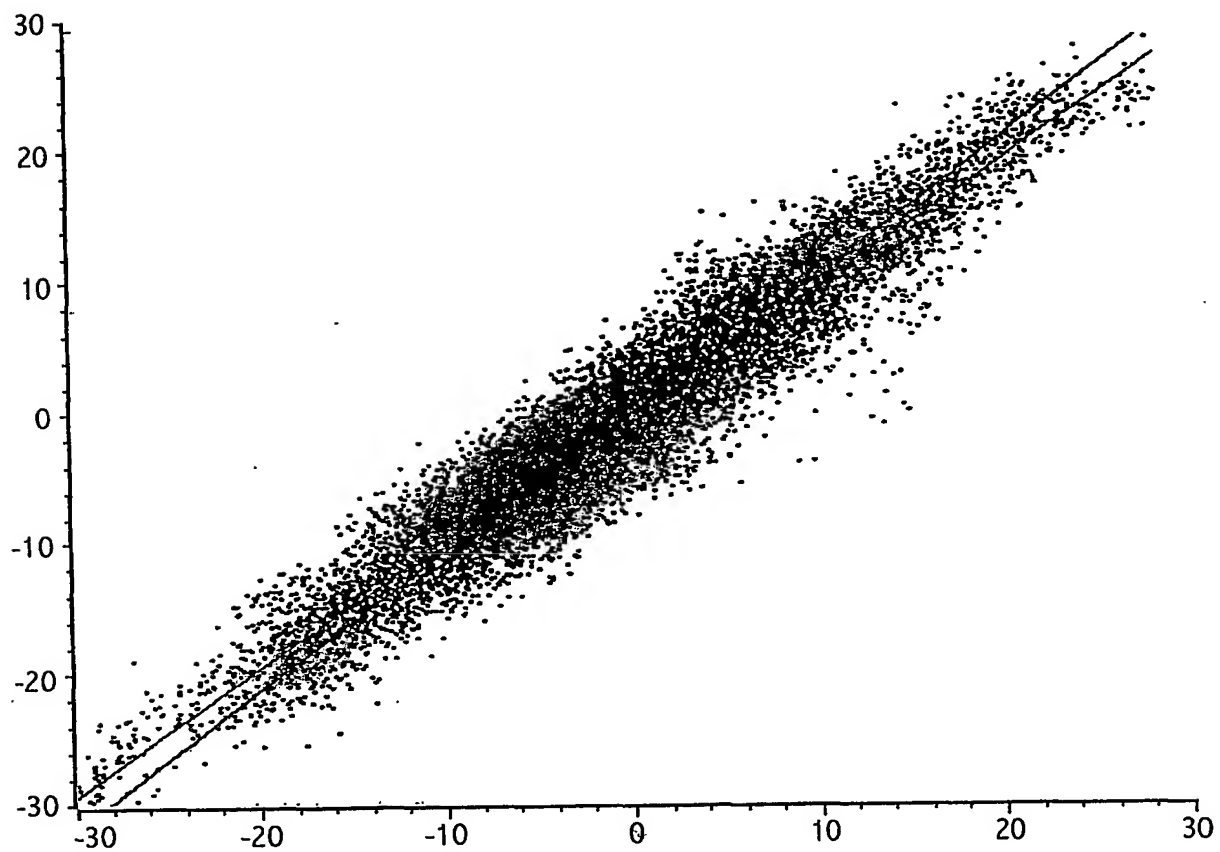


FIG. 6b

3 / 4



4 / 4

FIG.7c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.

PCT/FR 03/00099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01V1/30 G01V1/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

COMPENDEX, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>CASSIANI G ET AL: "A geostatistical framework for incorporating seismic tomography auxiliary data into hydraulic conductivity estimation" JOURNAL OF HYDROLOGY, NORTH-HOLLAND, AMSTERDAM, NL, vol. 206, no. 1-2, April 1998 (1998-04), pages 58-74, XP002216149 ISSN: 0022-1694 abstract</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	1,2,7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the International filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

8 May 2003

Date of mailing of the International search report

19/05/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Modesto, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 03/00099

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DOYEN PHILIPPE M: "Porosity from seismic data: a geostatistical approach" GEOPHYSICS, SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS. TULSA, US, vol. 53, no. 10, October 1988 (1988-10), pages 1263-1275, XP002151187 ISSN: 0016-8033 the whole document	1,2,7
Y	D'AGOSTINO V ET AL: "Spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of coregionalization" ENVIRONMENTAL GEOLOGY, SPRINGER INTERNATIONSL, BERLIN, DE, vol. 36, no. 3-4, December 1998 (1998-12), pages 285-295, XP002216150 ISSN: 0943-0105 abstract	1,2,7
A	JIMENEZ-ESPINOSA R ET AL: "Identification of geochemical anomalies using principal component analysis and factorial kriging analysis" J GEOCHEM EXPLOR; JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION FEB 1993, vol. 46, no. 3, February 1993 (1993-02), pages 245-256, XP002240375 the whole document	1-7
A	BEYER H G ET AL: "Assessment of the method used to construct clearness index maps for the new European Solar Radiation Atlas (ESRA)" SOLAR ENERGY, PERGAMON PRESS. OXFORD, GB, vol. 61, no. 6, 1 December 1997 (1997-12-01), pages 389-397, XP004101864 ISSN: 0038-092X column 7 -column 10	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Deposition internationale No

PCT/FR 03/00099

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01V1/30 G01V1/36

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G01V

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

COMPENDEX, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	CASSIANI G ET AL: "A geostatistical framework for incorporating seismic tomography auxiliary data into hydraulic conductivity estimation" JOURNAL OF HYDROLOGY, NORTH-HOLLAND, AMSTERDAM, NL, vol. 206, no. 1-2, avril 1998 (1998-04), pages 58-74, XP002216149 ISSN: 0022-1694 abrégé --- -/--	1,2,7

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☐ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 mai 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/05/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Modesto, C

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DOYEN PHILIPPE M: "Porosity from seismic data: a geostatistical approach" GEOPHYSICS, SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS. TULSA, US, vol. 53, no. 10, octobre 1988 (1988-10), pages 1263-1275, XP002151187 ISSN: 0016-8033 le document en entier	1,2,7
Y	D'AGOSTINO V ET AL: "Spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of coregionalization" ENVIRONMENTAL GEOLOGY, SPRINGER INTERNATIONSL, BERLIN, DE, vol. 36, no. 3-4, décembre 1998 (1998-12), pages 285-295, XP002216150 ISSN: 0943-0105 abrégé	1,2,7
A	JIMENEZ-ESPINOSA R ET AL: "Identification of geochemical anomalies using principal component analysis and factorial kriging analysis" J GEOCHEM EXPLOR; JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION FEB 1993, vol. 46, no. 3, février 1993 (1993-02), pages 245-256, XP002240375 le document en entier	1-7
A	BEYER H G ET AL: "Assessment of the method used to construct clearness index maps for the new European Solar Radiation Atlas (ESRA)" SOLAR ENERGY, PERGAMON PRESS. OXFORD, GB, vol. 61, no. 6, 1 décembre 1997 (1997-12-01), pages 389-397, XP004101864 ISSN: 0038-092X colonne 7 -colonne 10	1-7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.